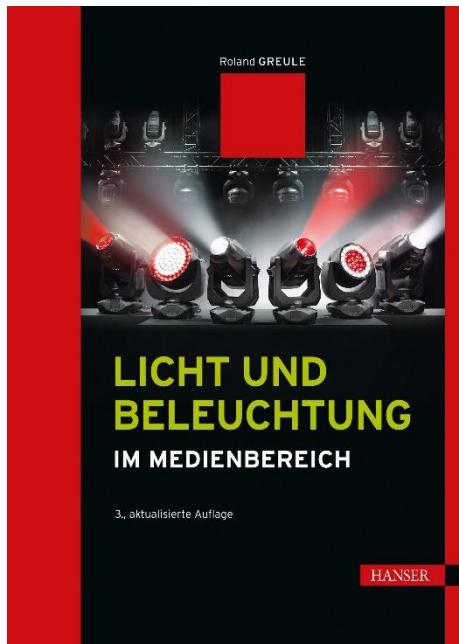


HANSER



Leseprobe

zu

Licht und Beleuchtung im Medienbereich

von Roland Greule

Print-ISBN: 978-3-446-48182-4

E-Book-ISBN: 978-3-446-48213-5

Weitere Informationen und Bestellungen unter
<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446481824>
sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

Widmung	V
Vorwort	XXI
Die Autor:innen	XXV
1 Einführung	1
2 Licht und Strahlung	3
2.1 Strahlungsphysik und Fotometrie	3
2.2 Strahlung und Spektrum	4
2.2.1 Sichtbare Strahlung	4
2.2.2 UV-Strahlung	5
2.2.3 IR-Strahlung	5
2.3 Physikalische Größen	6
2.3.1 Strahlungsfluss Φ_e	6
2.3.2 Strahlstärke I_e	6
2.3.3 Bestrahlungsstärke E_e	6
2.3.4 Strahldichte L_e	7
2.3.5 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Größen	7
2.4 Licht- und Emissionsspektren	7
2.4.1 Kontinuierliches Spektrum	8
2.4.2 Linienspektrum	8
2.5 Weißes und farbiges Licht	9
2.5.1 Farbiges Licht	9
2.5.2 Körperfarben	10

2.6	Schwarzer Strahler und Farbtemperatur	11
2.6.1	Farbtemperatur bzw. ähnliche Farbtemperatur	11
2.6.2	Normlichtarten	14
3	Lichttechnische Grundgrößen	15
3.1	Spektrale Hellempfindlichkeit	16
3.1.1	Messaufbau	16
3.1.2	Relative Hellempfindlichkeit bei Tagessehen	17
3.2	Lichtstrom Φ	18
3.2.1	Hellempfindlichkeit bei photopischem Sehen	19
3.2.2	Hellempfindlichkeit bei skotopischem Sehen	20
3.3	Lichtausbeute η	20
3.4	Lichtstärke I	21
3.4.1	Raumwinkel Ω	22
3.4.2	Lichtstärkeverteilungskurve (LVK)	23
3.4.3	Lichtstärkeverteilungskurve eines Stufenlinsenscheinwerfers	24
3.5	Beleuchtungsstärke E	25
3.5.1	Schräger Lichteinfall	26
3.5.2	Fotometrisches Entfernungsgesetz	27
3.6	Belichtung H	29
3.7	Leuchtdichte L	29
3.8	Stoffkennzahlen	31
3.8.1	Reflexionsgrad	31
3.8.2	Transmissionsgrad	34
3.8.3	Absorptionsgrad	35
3.8.4	Halbstreuwinkel	35
3.9	Übungsbeispiele	36
4	Kontrast und Helligkeit	39
4.1	Kontrast	39
4.1.1	Physiologischer Kontrast	39
4.1.2	Helligkeitsdetektion C	40

4.2	Kontrastdefinition im Film- und Fernsehbereich	41
4.2.1	Objektkontrast	41
4.2.2	Lichtkontrast	42
4.2.3	Szenenkontrast	42
4.2.4	Kontrastumfang und Blendenstufen	43
4.3	Ratio	44
4.4	Helligkeit und Helligkeitsmodelle	45
4.4.1	Helligkeitsmodelle	46
4.4.2	Helligkeitsmodell CIE-L*	49
4.5	Übungsbeispiele	49
5	Auge und Wahrnehmung	51
5.1	Physiologie des Sehens	51
5.1.1	Optisches System des Auges	51
5.1.2	Netzhaut	52
5.1.3	Fovea Centralis	55
5.1.4	Sehnerv	56
5.1.5	Gesichtsfeld und Sehschärfe	56
5.2	Nicht-visuelle Wirkung von Licht	58
5.3	Farbrezeptoren und Farbwahrnehmung	62
5.3.1	Dreifarbentheorie	63
5.3.2	SML-Zapfen	63
5.3.3	Gegenfarbentheorie nach Hering	64
5.3.4	Zonentheorie	65
5.3.5	Tag- und Nachtsehen	66
5.3.6	Verteilung der Rezeptoren	66
5.4	Grundlagen der Wahrnehmung	67
5.4.1	Fixation und Saccaden	68
5.4.2	Sehschärfe	70
5.4.3	Akkommodation	70
5.4.4	Adaptation	71
5.5	Konstanzwahrnehmung	72
5.5.1	Helligkeitskonstanz	72
5.5.2	Farbkonstanz	73

5.6	UV-, IR- und Blaulichtgefährdung für Auge und Haut	74
5.6.1	Gefährdung durch UV-Strahlung	74
5.6.2	Blaulichtgefährdung (Blue Hazard)	76
5.6.3	Strahldichtemessung	79
5.6.4	Schutzmaßnahmen (Schutzbrillen)	82
5.6.5	Wirkungsweise von UV-C-Strahlung zur Desinfektion	82
6	Farbmetrische Grundlagen	85
6.1	Farbmetrische Grundgrößen	85
6.1.1	Farbreizfunktion	86
6.1.2	Farbempfindung	86
6.1.3	Farbvalenz	86
6.1.4	Helligkeit	87
6.1.5	Farbton (Bunton)	87
6.1.6	Sättigung (Buntheit)	87
6.1.7	Farbmischung	88
6.1.8	Niedrige und höhere Farbmetrik	88
6.2	Historische Entwicklung der Farbmetrik	89
6.2.1	Farbkreis	89
6.2.2	Dreidimensionale Farbsysteme	90
6.2.3	Farbordnungssysteme	91
6.3	Farträume	91
6.3.1	RGB-Farbraum	92
6.3.2	CIE-XYZ-Farbraum	93
6.3.3	Farbtafel	96
6.3.4	CIE-UCS-Farbtafel	97
6.3.5	CIE-L [*] u [*] v [*]	99
6.3.6	CIE-L [*] a [*] b [*]	100
6.3.7	Farbabstandsformeln	100
6.3.8	CIECAM02	102
6.3.9	Rec2020/BT.2020	103
6.4	Additive und subtraktive Farbmischung	104
6.4.1	Additive Farbmischung	104
6.4.2	Subtraktive Farbmischung	105

6.5	Farbwiedergabefaktoren und Farbwiedergabeindex	106
6.5.1	Farbwiedergabefaktor R_a	106
6.5.2	CQS	107
6.5.3	TM 30-15	108
6.5.4	TLCI-2012	110
6.6	Farbfolien, Farbgläser und Konvertierungsfolien	111
6.6.1	Farbfolien	111
6.6.2	Farbgläser	112
6.6.3	Konversionsfolien, Neutralfilter und Korrekturfilter	114
6.6.4	MIRED	114
6.6.5	Mired Shift Value	114
6.7	Übungsbeispiele	115
7	Licht- und Farbmesstechnik	117
7.1	Visuelle Fotometrie	117
7.2	Physikalische Fotometrie	118
7.2.1	Beleuchtungsstärkemesser	118
7.2.2	Leuchtdichthemesser	120
7.2.3	Messung von Lichtstärke-Verteilungs-Kurven	122
7.2.4	Ulbrichtkugel (U-Kugel)	122
7.2.5	Spektrale Fotometrie	124
7.3	Belichtungsmessung	124
7.3.1	Belichtung	124
7.3.2	Belichtungsmesser	124
7.3.3	Spotmeter	125
7.4	Farbmessung	125
7.4.1	Gleichheitsverfahren	126
7.4.2	Licht- und Körperfarben	126
7.4.3	Dreibereichsverfahren	127
7.4.4	Spektralverfahren	128
7.5	Messgeometrien	131
7.5.1	Messgeometrie $45^\circ 0^\circ$	131
7.5.2	Messgeometrie diffus $d/0^\circ$	131
7.5.3	Messgeometrie diffus $d/8^\circ$	131
7.6	Übungsbeispiele	132

8	Lichtquellen	133
8.1	Aufbau und Wirkungsweise	134
8.2	Lebensdauer und Lampenalterung	134
8.3	Glüh- und Halogenlampen	135
8.3.1	Die Glühlampe: Historie, Aufbau und Wirkungsprinzip	135
8.3.2	Temperaturstrahlung	136
8.3.3	Aufbau und Wirkprinzip der Halogenlampe	137
8.3.4	Halogenlampen im Fernseh-, Film- und Theaterbereich	139
8.4	Niederdruckentladungslampen	139
8.5	Hochdruckentladungslampen	142
8.5.1	Hochdruck-Metallhalogendampflampen	142
8.5.2	Hochdruckentladungslampen im Fernseh-, Film- und Theaterbereich	144
8.6	Lichtemittierende Dioden (LED)	144
8.6.1	Elektrolumineszenz	144
8.6.2	Lichterzeugung im III-V-Halbleiter	145
8.6.3	LED-Technologie	146
8.6.4	Aufbau und Wirkungsgrad von LED-Lichtquellen	147
8.6.5	Binning	149
8.6.6	LED-Produkte und Applikationsfelder	150
8.6.7	Einzel-LEDs und LED-Engines in Movinglights	152
8.7	Organische lichtemittierende Dioden (OLED)	155
8.7.1	Funktionsprinzip von OLED	155
8.7.2	OLED-Display	156
9	Scheinwerfer	157
9.1	Konventionelle Scheinwerfer	158
9.1.1	Fluter und Rampen	158
9.1.2	Blinder	160
9.1.3	Parabolspiegel-Scheinwerfer	161
9.1.4	Stufenlinsen-Scheinwerfer	163
9.1.5	Profil-Scheinwerfer	165
9.1.6	Stroboskope	167
9.1.7	Zubehör	167

9.2	Movinglights	168
9.2.1	Scanner	168
9.2.2	Spot-/Profile-Movinghead	169
9.2.3	Wash-Movinghead	171
9.2.4	Beam-Movingheads	173
9.2.5	Movinglights im Outdoorbereich	173
9.2.6	Beam-Movinglight mit Weißlichtlaserlichtquellen	174
9.3	Hybridscheinwerfer, komplexe Pixelsysteme und kreative Scheinwerfer	177
10	Lichtsteuerung und Lichtstellpulte	179
10.1	Entwicklung der Lichtsteuerung	180
10.1.1	Analoge Steuertechnik	182
10.1.2	Analogen Multiplexing	182
10.1.3	Digitales Multiplexing	182
10.1.4	DMX-512	183
10.1.5	DMX-512A	187
10.1.6	DMX-512 RDM (Remote Device Management)	187
10.1.7	Drahtloses DMX	187
10.2	Lichtnetzwerke	188
10.2.1	Ethernet	189
10.2.2	Proprietäre Herstellerprotokolle	191
10.2.3	ArtNet	191
10.2.4	ACN (Architecture for Control Networks)	192
10.2.5	Klingnet	193
10.2.6	Weitere verbreitete Protokolle	193
10.3	Lichtstellpulte	194
10.3.1	Komponenten von Lichtstellpulten	196
10.3.2	Arbeitsweisen	196
11	Digital Lighting	199
11.1	LED-Wände	200
11.1.1	Grundlagen	200
11.1.2	Auflösung und Farbe	201

11.1.3	Helligkeit	201
11.1.4	Pixelpitch	202
11.2	Projektionen	203
11.2.1	Projektoren	203
11.2.2	Technische Grundlagen	204
11.3	Pixelmapping – Pixel und Scheinwerfer	206
11.4	Medienserver	207
11.4.1	Überblick Grundfunktionen	209
11.4.2	Signale und Schnittstellen	219
11.5	Berufsfeld „Digital Lighting“	221
12	Lichtführung	225
12.1	Licht und Schatten	226
12.2	Lichteinfall und Schattenwirkung	227
12.2.1	Gerichtetes Licht	228
12.2.2	Kernschatten (Zentralschatten, Schlagschatten, Umbra)	229
12.2.3	Halbschatten (Penumbra)	229
12.2.4	Harter bzw. weicher Schatten	229
12.2.5	Licht zur Orientierung	230
12.3	Ausleuchtung von Personen (Personenlicht) nach McCandless	231
12.4	Lichtrichtungen	233
12.4.1	Vorderlicht	234
12.4.2	Seitliches Vorderlicht	234
12.4.3	Oberlicht	234
12.4.4	Kopflicht (Toplight)	235
12.4.5	Hinterlicht bzw. Gegenlicht	235
12.4.6	Seitenlicht	236
12.4.7	Gassenlicht	237
12.4.8	Rampenlicht, Unterlicht, Fußlicht	237
12.4.9	Horizont- bzw. Hintergrundlicht	237
12.5	Lichtgestaltung für Fernsehkameras	238
12.5.1	Lichtrichtungen im Fernsehbereich	238
12.5.2	Personenausleuchtung im Fernsehbereich	239

12.6	Lichtsetzung im Film	242
12.6.1	Fotografische Stile	243
12.6.2	Normal-Stil	243
12.6.3	Low-Key-Stil	243
12.6.4	High-Key-Stil	244
12.6.5	Grundregeln der Lichtführung	245
13	Lichtgestaltung und Lichtdesign	247
13.1	Kurzer historischer Überblick	248
13.2	Grundregeln der Lichtgestaltung bzw. des Lichtdesigns	250
13.3	Lichtinszenierung nach McCandless	251
13.3.1	Qualitäten des Lichts	251
13.3.2	Funktionen des Lichts	252
13.3.3	Theorie nach Richard Pilbrow	253
13.4	Erzeugung eines Looks	254
13.4.1	Dramaturgieverlauf zur Erzeugung von Emotionen	254
13.4.2	Gestaltungsregeln	257
13.4.3	Anordnung der Scheinwerfer	258
13.4.4	Grundlagen Farbkonzept	260
13.5	Bühnenbeispiele	261
13.5.1	Kleine Bühne	261
13.5.2	Mittlere Bühne	263
13.5.3	Große Bühne	264
13.5.4	Beispiel: Eurovision Song Contest 2012 in Baku – große Bühne	265
14	Theater-Licht	267
14.1	Kurzer historischer Überblick	268
14.2	Verantwortliche	270
14.3	Scheinwerfer und Standorte	271
14.3.1	Scheinwerfertypen	271
14.3.2	Standorte der Beleuchtungseinrichtungen	272
14.4	Lichtkonzeption und Produktion	273
14.4.1	Planung	274
14.4.2	Produktionsablauf	275
14.4.3	Beleuchtungsproben	276

14.5	Bühne und Bühnenformen	276
14.6	Bühnen- und Lichtstile im Theater	277
14.7	Sprech-, Musik- und Tanztheater	278
14.7.1	Sprechtheater	278
14.7.2	Musiktheater	279
14.7.3	Tanztheater	280
14.8	Verständnisfragen	282
15	Fernseh-Licht	283
15.1	Studios	283
15.1.1	Aufsager- oder Schaltenstudio	283
15.1.2	Nachrichten-, Magazin- oder Spartenstudio	284
15.1.3	LED-Wand-Studio	286
15.1.4	Multifunktionsstudio	286
15.1.5	Show-Studio/-Atelier	287
15.1.6	Streaming-Studio	288
15.2	Sendungsgenre	289
15.3	An der Lichtgestaltung beteiligte Personen	290
15.3.1	Regie	290
15.3.2	Setdesign	290
15.3.3	Lichtdesign	290
15.3.4	Kameramann	291
15.3.5	Beleuchtungsmeister/lichtsetzender Kameramann	291
15.3.6	Lichtpult-Operator	291
15.3.7	Oberbeleuchter/Beleuchter	291
15.3.8	Bildingenieur	292
15.3.9	Maske	292
15.3.10	Kostüm	292
15.3.11	Protagonisten	292
15.4	Eingesetzte Scheinwerfer	293
15.4.1	Fresnel-Scheinwerfer	293
15.4.2	Weitere Scheinwerfer im Fernsehstudio	294

15.5	Fernsehsystem	295
15.5.1	Die Fernsehübertragungskette	295
15.5.2	High Dynamic Range und Wide Colour Gamut	296
15.5.3	Display und Bildbeurteilung	297
15.5.4	Kamera und Objektiv	298
15.6	Fernseh-Licht	301
15.6.1	Lichtkonzepte	301
15.6.2	Ausleuchtung mehrerer Personen	303
15.6.3	Beleuchtung bei Talk-Sendungen im Fernsehen	303
15.6.4	Beleuchtung von Zuschauern im Fernsehen	304
15.6.5	Beleuchtung des Sets im Fernsehen	304
15.7	Sendeablauf	305
15.7.1	Vor der Sendung	305
15.7.2	Einleuchten	305
15.7.3	Lichtplan	307
15.7.4	Pultkonzept	307
15.7.5	Lichtänderung während der Sendung	308
15.7.6	Lichtwechsel	309
15.7.7	Sendung	309
16	Film-Licht	311
16.1	Kurzer historischer Überblick	311
16.2	Filmempfindlichkeit	312
16.2.1	Belichtung	313
16.2.2	Dichtewert D	313
16.2.3	Gradation	313
16.2.4	Lichtempfindlichkeit (ISO - DIN/ASA)	314
16.2.5	Kontrastumfang beim Filmmaterial	315
16.2.6	Lichtempfindlichkeit digitaler Filmkameras	315
16.2.7	Schärfentiefe versus Tiefenschärfe	316
16.3	Personen	318
16.4	Messtechnik	319

16.5	Eingesetzte Scheinwerfer	319
16.5.1	Fresnel- und HMI-Scheinwerfer	320
16.5.2	Dedo-Light	321
16.5.3	Weichstrahlende Scheinwerfer	322
16.5.4	Dino Lights	324
16.5.5	Spacelights	324
16.5.6	Heliumballon	325
16.5.7	Butterfly	325
16.5.8	Bouncing	326
16.5.9	Fahnen/French Flags	326
16.6	Lichtstile im Filmbereich	327
16.7	Modelling	328
17	Konzert-Touring-Licht	331
17.1	Kurzer historischer Überblick	331
17.2	Personen	333
17.3	Eingesetzte Scheinwerfer	334
17.4	Bühnenformen und Lichtdesign für Konzert-Touring	335
17.4.1	Bühnenformen	335
17.4.2	Lichtdesign	336
17.5	Lichtkonzeption und Produktion	336
17.5.1	Entwurfsphase	336
17.5.2	Planungsphase	338
17.5.3	Probenphase	338
17.5.4	Aufbau vor Ort	339
17.5.5	Einleuchten/Fokussieren/Presets ziehen	340
17.6	Beispiele	341
17.6.1	SEEED BAM BAM Tour 2019	341
17.6.2	Festival	343
17.7	Remote-Verfolger und Tracking-Systeme	344
17.7.1	Remote-Verfolger (halbautomatisches Tracking-System)	344
17.7.2	Vollautomatische Tracking-Systeme	346

18	Licht für wirtschaftsbezogene Veranstaltungen	349
18.1	Kurzer historischer Überblick	350
18.2	Personen	351
18.3	Lichtdesign und Lichtfachplanung	352
18.4	Produktionsprozess	352
18.4.1	Entwurfsphase	352
18.4.2	Ausführungsphase	353
18.4.3	Umsetzungsphase	353
18.5	Beispiel Audi-Messestand IAA 2015	354
19	Lichtpläne und Lichtsimulation	357
19.1	Grundlagen	357
19.1.1	Modellbau	358
19.1.2	Simulation	359
19.2	Lichtpläne	360
19.3	Begriffe der Computersimulation	363
19.3.1	Drahtgittermodell (Wireframe)	363
19.3.2	Materialbeschreibung	364
19.3.3	Beleuchtung	365
19.3.4	Rendering	365
19.4	Rechenalgorithmen	366
19.4.1	Flat-Shading	366
19.4.2	Gouraud-Shading	367
19.4.3	Phong-Shading	367
19.4.4	Radiosity- bzw. Punkt-zu-Punkt-Verfahren	367
19.4.5	Raytracing-Verfahren	369
19.5	Lichtsimulationsprogramme	371
19.5.1	Lichtberechnungsprogramm Relux Desktop und DIALuxEvo	372
19.5.2	Echtzeit-Lichtsimulationsprogramme	373
19.5.3	Spezielle Programme für den Einsatz im Showbereich	374
19.6	Virtual Reality	377
19.6.1	CAVE (Cave Automatical Virtual Environment)	377
19.6.2	VR- und MR-Brillen: Oculus Rift, HTC-Vive, Hololens, Google Glass, Quest 3, Apple Vision Pro	378

19.6.3 VR-Anwendung von GDTF-Daten und Unity-Engine	380
19.6.4 Anwendung von VR in der Eventbranche	380
20 Ausblick: Lichttechnik in der Zukunft	383
20.1 Zusammenwachsen von Eventtechnik und Lichtarchitektur	383
20.2 Neue Sende- und Videoformate (Zoom-Meetings, Green-Screen-Studios für Online-Lehre)	385
20.3 Virtual Production	387
20.3.1 Hybride virtuelle Produktion	388
20.3.2 Live LED Wall In-Camera Virtual Production	388
20.4 Augmented Reality und Interaktivität	390
20.4.1 Interaktivität	390
20.4.2 Einsatz von AR und Interaktivität bei Medienfassaden	391
20.5 Cross-Reality (XR)-Plattformen für hybride Eventformate	392
20.5.1 XRevent	393
20.5.2 Clubevent und Lichteeditor mit XR/VR-Techniken	395
20.5.3 Nutzungs- und Gestaltungsmöglichkeiten von XR-Techniken im Digitalen Theater	396
20.5.4 Cross-Reality-Konzerte	397
20.5.5 Soziale Interaktion in Cross-Reality-Umgebungen	399
20.5.6 Ausblick	400
20.6 BIM (Building Information Modelling)	400
20.7 Fotogrammetrie	403
20.8 Einsatz von KI und neuronalen Netzen im Lichtdesign	405
20.8.1 Systemdesign mit neuronalen Netzen (Neural Network – NN)	405
20.8.2 Echtzeit-Verfahren	407
20.8.3 Einsatz von KI für die Vorvisualisierung	408
Lösungen der Übungsaufgaben und Verständnisfragen	409
Literatur und weitere Informationsmedien	411
Bildnachweis	415
Index	423

Vorwort

Das Thema Licht und Beleuchtung begleitet mich seit vielen Jahren im Berufsleben, beginnend mit dem Studium an der TU in Karlsruhe, der praktischen Umsetzung im Berufsalltag als Lichtplaner und Lichtdesigner bis hin zu der wissenschaftlichen Arbeit als Hochschullehrer. Dabei hat das Thema Farbe und die Faszination der Visualisierung von Licht mit Rechenprogrammen bis heute Bestand. Durch die rasante Entwicklung der LEDs und ihre Einsatzmöglichkeiten im Theater-, Fernseh- und Showbereich wird das Thema Licht und Farbe noch faszinierender wie bisher. Lassen Sie sich überraschen.

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle dem Hanser Verlag, vor allem meiner Lektorin Frau Werner, für die sehr gute Zusammenarbeit danken. Mein Dank geht auch an den Herausgeber der Reihe, meinem Kollegen Prof. Dr. Ulrich Schmidt.

Ein besonderer Dank geht auch an die Mitautoren Frau Alexandra Ehrlitzer, Herrn Martin Rupprecht, Herrn Fabian Oving und Herrn Dr. Roland Heinz. Vielen Dank für die Unterstützung im Kapitel 15 „Fernseh-Licht“ durch Herrn Matthias Wilkens, sowie seine detaillierten Diskussionen, um dem Buch seine jetzige Form zu geben.

Danke an die Kollegen, die mir Bilder bzw. Grafiken zur Verfügung gestellt haben (Herbert Bernstädt, Markus Beug-Rapp, Marc Briede, Michael Feldmann, Carsten Grigo, Lutz Hassenstein, Markus Hegi, Berthold Jäger, Sebastian Jakob, Michael Kersten, Sofia Layer, Dominik Mentzos, Daniel Müller, Matthias Wilkens). Danke auch an Dr. Thomas Lemke für die Erstellung vieler Grafiken.

Ein Dankeschön an die Firmen, die mir Bildmaterial zur Verfügung gestellt haben (ArKaos, ARRI, Barco, BRAINPOOL, Christie, Coolux, Dedo Weigert, Despar, ETC, FGL, Highend Systems, JB-Lighting, Konica Minolta, Loopligh, Lumiblade, MA Lighting, Martin Professional, MCI, Niethammer, Relux AG, SMI, Sony, TechnoTeam).

Und ein großes Dankeschön auch an meine Frau für das intensive Korrekturlesen und die Zeit, die sie mit mir bzgl. Diskussionen und Details verbracht hat.

Roland Greule

Hamburg, September 2014

■ Vorwort zur 2. Auflage

Seit Erscheinen des Buches hat sich im Bereich Event sowie der Scheinwerfer- und LED-Technik sehr viel geändert und rasant weiterentwickelt. Aus diesem Grund wurden vor allem die Kapitel 17 Konzert-Touring-Licht, Kapitel 9 Scheinwerfer und Kapitel 10 Lichtsteuerung und Lichtstellpulte überarbeitet und aktualisiert. Zudem wurde ein neues Kapitel 18 Licht für wirtschaftsbezogene Veranstaltungen ergänzt, da die Eventbranche in diesem Bereich sehr erfolgreich ist. Natürlich wurden die anderen Kapitel allgemein überarbeitet, aktualisiert und auch teilweise umstrukturiert und thematisch zusammengefasst. In Kapitel 19 Lichtpläne und Lichtsimulation wurde der Bereich AR (Augmented Reality) und VR (Virtual Reality) mit aufgenommen. Kapitel 20 (Lichttechnik in der Zukunft) wurde völlig neu bearbeitet und deutlich erweitert, auch in Richtung AR/XR (eXtended Reality) und Interaktivität bis hin zu hybriden Events.

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle dem Hanser Verlag, vor allem meinen Lektoren Frau Kubiak und Herrn Katzenmayer, für die sehr gute Zusammenarbeit danken.

Wie schon bei der ersten Auflage geht ein besonderer Dank an die Mitautoren:innen Herrn Dr. Roland Heinz (Kap. 8), Herrn Fabian Oving (Kap. 9 +10), Herrn Martin Rupprecht (Kap. 11), Frau Alexandra Ehrlitzer (Kap. 14), Herrn Matthias Wilkens (Kap. 15), Herrn Jens Langner (Kap. 17+18), Herrn Martin Kuhn (Kap. 17.6) und Frau Anke von der Heide (Kap. 20.5),

Danke an die Kollegen:innen und Firmen, die mir Grafiken und Bilder zur Verfügung gestellt haben.

Und auch wieder ein großes Dankeschön an meine Frau für das intensive Korrekturlesen.

Roland Greule

Hamburg, August 2021

■ Vorwort zur 3. Auflage

Die zweite, im Jahr 2021 erschienene und stark überarbeitete Auflage wurde im Markt sehr gut aufgenommen. In diese dritte Auflage konnten deshalb zwischenzeitliche Entwicklungen eingefügt werden. So ermöglichen etwa Laser-Engines die Konstruktion noch enger strahlender Movinglights (Abschnitt 9.2.6). Auch das Thema Blue Hazard ist wieder verstärkt in den Fokus gelangt, sodass Abschnitt 5.6 deutlich erweitert und vertieft wurde. Und auch die neuesten Entwicklungen im Bereich Cross Reality (Abschnitt 20.5) und bei KI bzw. Deep Learning (Abschnitt 20.8) sind eingeflossen.

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle auch wieder dem Hanser Verlag und vor allem Frau Kubiak und Herrn Katzenmayer für die sehr gute Zusammenarbeit danken, sowie den Mitautor:innen für die verschiedenen Kapitel.

Roland Greule

Hamburg, Juni 2024

Die Autor:innen

Prof. Dr.-Ing. Roland Greule lehrt am Department Medientechnik der HAW Hamburg die Fächer Licht- und Beleuchtungstechnik, Lichtdesign, Farbmehrheit und Digital Reality. Parallel forscht er zur Lichtwahrnehmung, der emotionalen Wirkung von Licht und Farbe und der fotorealistischen Lichtsimulation von Innenräumen. Er ist seit 2017 Leiter des Forschungs- und Transferzentrums Digital Reality.

Er hat vor rund 30 Jahren das Programm Relux mitentwickelt, das heute von der Schweizer Firma Relux AG deutlich weiterentwickelt vertrieben und weltweit erfolgreich als Lichtsimulationsprogramm genutzt wird.

Dipl.-Ing. (FH) Alexandra Ehrlitzer hat Medientechnik an der HAW Hamburg studiert. Sie war freie Lichtplanerin und Lichtdesignerin und arbeitete als wissenschaftliche Mitarbeiterin in Forschungsprojekten zu Lichtwirkung an der HAW. Seit einigen Jahren arbeitet Frau Ehrlitzer bei der Firma macom in den Bereichen Nachwuchsförderung und Lichtplanung.

Dr. habil. Roland Heinz leitete von 2006–2013 die Philips Lighting Academy in Hamburg. Er gründete mit Partnern 2014 die Lichtplaner-Akademie. Herr Heinz lehrt zudem seit 2001 an der TU Graz und an der Hochschule München die Fächer Lichterzeugung und Innovationsmanagement.

M.Sc. Jens Langner hat an der Beuth Hochschule für Technik Berlin studiert. Im Anschluss war er mehrere Jahre bei der RGB GmbH als Lichtfachplaner im Automotivbereich tätig. Seit 2017 arbeitet er als Business Development Manager für die Firma Robe Deutschland GmbH. Er war Initiator des VLLV e. V. (Verband der Lichtdesigner und Licht- und Medienoperator in der Veranstaltungswirtschaft e. V.). Des Weiteren ist er Projektleiter für NRG Germany (Next Robe Generation), ein Nachwuchsförderprogramm der Firma Robe für den lichttechnischen Nachwuchs. Seit 2020 moderiert er die digitalen Lichtgespräche, eine Streamingsendung, in der Lichtdesigner über ihre Projekte erzählen. Herr Langner ist an mehreren Hochschulen als Gastdozent tätig.

B.Sc. Fabian Oving hat Medientechnik an der HAW Hamburg studiert. Er ist seit 2015 wiss. Mitarbeiter des Lichtlabors der HAW Hamburg. Neben seiner Arbeit als Freiberufler im Bereich Veranstaltungstechnik und Lichtprogrammierung arbeitet er auch als Gastdozent an verschiedenen Departements der HAW.

Dipl.-Ing. (FH) Martin Rupprecht hat Medientechnik an der HAW Hamburg studiert. Er ist freier Lichtdesigner, Spezialist für Digital Lighting und unterrichtet als Lehrbeauftragter im Department Medientechnik das Fach Lichtdesign und Digital Lighting.

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Wilkens hat Medientechnik an der HAW Hamburg studiert. Er ist seit vielen Jahren als Bildingenieur beim NDR und als Lehrbeauftragter an der HAW Hamburg für das Fach Videotechnik tätig. Er arbeitet auch als Dozent bei BET Michael Mücher in Hamburg.

MA Dipl. Des. Anke von der Heide ist Wissenschaftlerin und Medienkünstlerin mit einem interdisziplinären Lebenslauf, beginnend mit einem Studium der Visuellen Kommunikation an der Bauhaus-Universität Weimar, einem weiterem Studium der Architektur und Urban Design an der TU Berlin und der Tongji Universität Shanghai sowie einem Forschungsprojekt in Intermedia Art an der Tokyo National University for Fine Arts and Music. Sie forschte an der TU Berlin im Bereich Smart Cities und lehrte als freie Dozentin in den Bereichen Medienarchitektur und Mensch-Computer-Interaktion an der Bauhaus-Universität Weimar, am Quality and Usability Lab der TU Berlin und lehrt und promoviert seit 2018 in den Bereichen Medientechnik und Digitale Realität. Seit 2020 leitet sie die Entwicklung des Projekts XRevent – ein Baukasten für realitätsübergreifende Events. In ihrer Arbeit erforscht sie die Schnittmenge von Technologie, Soziologie sowie Kunst und beschäftigt sich stets mit den Auswirkungen von innovativem Design in der ästhetischen Praxis.

1

Einführung

Wie der Theaterreformer Adolf Appia zu Anfang des 19. Jahrhundert sagte: „Licht wird nicht mehr gemalt, sondern geleuchtet“, ist der Einsatz von Licht und Beleuchtung im Medienbereich vielfältig. Beginnend vom Theaterstück über Fernsehsendungen, den Film bis hin zu großen Events. Der visuelle Kanal ist bei Menschen immer noch dominant, da rund 80 % der Wahrnehmung über das Auge erfolgt.

Die Wirkung des Lichts im Medienbereich kann man in verschiedene Bereiche unterteilen. Licht macht Objekte wahrnehmbar und ist verantwortlich für die Güte der Wahrnehmung. Licht hat eine dramatische Rolle in der Weise, dass es als untrennbarer Teil der szenischen Handlung auftritt. Licht rückt die Bühne, die Filmkulisse, aber auch die Architektur ins „rechte Licht“. Licht bringt Farben und Oberflächen zur Geltung. Licht beeinflusst die physiologischen Vorgänge beim Sehen und Erkennen und Licht wirkt motivierend auf die Menschen.

In diesem Lehrbuch wird der Bogen vom Theater über das Fernsehen, den Film bis zum Event- und Showbereich gezogen. Dabei wird im ersten Drittel des Lehrbuches die Theorie betrachtet, wie z.B. die physikalischen Eigenschaften des Lichts, die lichttechnischen Grundgrößen wie Lux und Lumen bis hin zur Physiologie des Auges.

Ausgehend von dem menschlichen Auge und unter Berücksichtigung der Helligkeits- und Farbwahrnehmung werden dann die grundlegenden Parameter der Farbmehrheit vorgestellt. Wer sich mit Licht und Beleuchtung beschäftigt, muss die Grundlagen der Farbmehrheit kennen sowie die dazu notwendigen Messtechniken. Auf dieser Theorie aufbauend, werden im zweiten Teil des Buches die „Geräte“, d.h. die Lichtquellen, die Scheinwerfer, die Lichtstellenanlagen und die Medienserwerterläutert.

In den letzten Kapiteln des Buches werden dann die Anwendungen betrachtet. Dabei werden die Besonderheiten bei der Theaterbeleuchtung, dem Fernsehlicht, der Filmbeleuchtung sowie das Besondere beim Show- und Event-Licht und das Zusammenwirken der verschiedenen Bereiche aufgezeigt.

Abschließend werden umfangreich die Lichttechnik der Zukunft und ihre Möglichkeiten vorgestellt sowie das Zusammenwachsen der Lichttechnik mit der Lichtarchitektur betrachtet.

Am Ende dieses Buches werden Sie verstehen, warum es in den letzten Jahren ein immer stärkeres Zusammenwachsen der verschiedenen Bereiche Licht, Video und Netzwerktechnik gibt. Andererseits werden Sie die unterschiedlichen Herangehensweisen in den einzelnen Medienbereichen kennenlernen, je nachdem, ob Sie über Licht im Theater, im Fernsehen, beim Film oder über Event sprechen.

Es ist ein Grundlagenbuch, geschrieben für Studierende in Medienstudiengängen wie z.B. Medientechnik, Veranstaltungstechnik und Mediengestaltung, für Auszubildende im AV- und im Veranstaltungsbereich sowie für Lichtplaner und Lichtdesigner. Natürlich auch für all diejenigen, die sich für das Thema Licht und Beleuchtung in Medien interessieren.

2

Licht und Strahlung

Bevor der Bereich der Lichttechnik genauer und ausführlich behandelt wird, werden die physikalischen Grundlagen kurz erläutert. Licht bzw. optische Strahlung ist bis zum Auftreffen auf das Auge bzw. die Netzhaut eine elektromagnetische Welle und gehört zu dem Bereich der Physik. Erst durch die wellenlängenabhängige Bewertung des Lichts durch die in der Netzhaut vorhandenen Rezeptoren (**Zapfen und Stäbchen**) müssen neue Einheiten (lichttechnische Einheiten) verwendet werden. Den Bereich der optischen Strahlung kann man in Strahlenoptik, Wellenoptik und Quantenoptik unterteilen. Da bei der klassischen Lichttechnik immer in Dimensionen gearbeitet wird, die deutlich größer sind als die betrachteten Wellenlängen, wird in den weiteren Kapiteln von der Strahlungsoptik bzw. der Strahlungsphysik ausgegangen.

■ 2.1 Strahlungsphysik und Fotometrie

Während die Strahlungsphysik Begriffe wie z.B. Strahlungsleistung oder Bestrahlungsstärke verwendet, benutzt die Fotometrie bzw. die Lichttechnik Begriffe wie Lichtstrom oder Beleuchtungsstärke. Der Unterschied zwischen den strahlungsphysikalischen und den fotometrischen Größen liegt darin, dass die Strahlungsphysik energetische Größen verwendet, die Fotometrie diese Größen jedoch unter Einbeziehung des Auges bzw. konkret der **spektralen Hellempfindlichkeit** des menschlichen Auges betrachtet. D.h., das menschliche Auge gewichtet die einzelnen Wellenlängen des sichtbaren Lichts unterschiedlich, sodass die Licht- und Beleuchtungstechnik nicht mit physikalischen Begriffen/Einheiten arbeiten kann, sondern eigene, neue Begriffe wie Lichtstrom, Lichtstärke, Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte benötigt.

Wellenlänge und Frequenz

Da es sich bei Licht um eine elektromagnetische Strahlung handelt, werden die Begriffe Wellenlänge oder Frequenz verwendet. Zwischen der Wellenlänge λ und der Frequenz f einer Strahlung besteht folgender Zusammenhang:

$$c = f \cdot \lambda \quad (2.1)$$

c = Lichtgeschwindigkeit (299 999 km/sec)

f = Frequenz (Hz)

λ = Wellenlänge (nm)

■ 2.2 Strahlung und Spektrum

Die Strahlung, die der Mensch erkennen kann (380 nm - 780 nm), gehört zum Gesamtbereich der elektromagnetischen Strahlung, die von der kosmischen Strahlung bzw. Höhenstrahlung (10^{-15} m) bis zu den technischen Wechselströmen reicht (10^7 m). Der Bereich der optischen Strahlung reicht vom kurzweligen Bereich der UV-Strahlung (Wellenlänge ab 100 nm) bis zum langwelligen Infrarot-Bereich (Wellenlänge bis 10^6 nm). Im langwelligen Bereich schließen sich die technischen Strahlungen wie Mikrowellenstrahlung etc. an, im UV-Bereich die Röntgenstrahlung, siehe auch Bild 2.1.

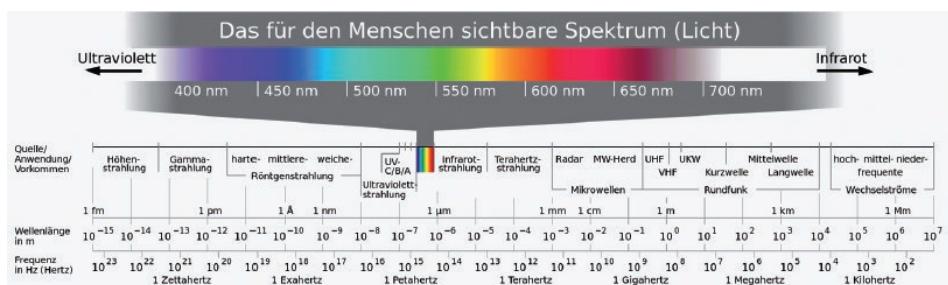


Bild 2.1 Gesamtes Spektrum der elektromagnetischen Wellen

2.2.1 Sichtbare Strahlung

Von der optischen Strahlung insgesamt vermag das menschliche Auge nur den relativ schmalen Bereich von etwa 380 nm bis 780 nm Wellenlänge als Licht zu empfinden, der nach dem Eintritt in das Auge eine Hellemmpfindung auslässt, siehe Bild 2.2.

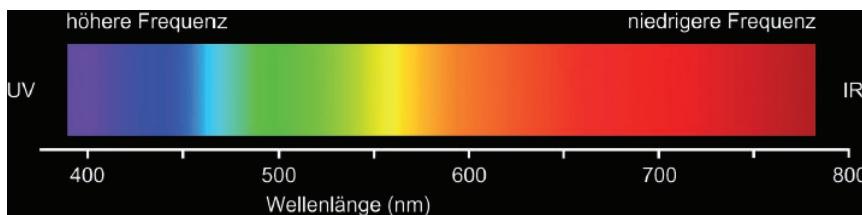


Bild 2.2 Sichtbare Strahlung bzw. Farbspektrum

2.2.2 UV-Strahlung

Der Bereich der Ultraviolettstrahlung (UV) von 100 nm bis 380 nm Wellenlänge wird in drei Bereiche unterteilt (UV-C, UV-B, UV-A):

- UV-C von 100 nm bis 280 nm (hat eine stark keimtötende Wirkung, es wandelt Luftsauerstoff in Ozon um),
- UV-B von 280 nm bis 315 nm (bildet im menschlichen Körper das Vitamin D2, erzeugt Sonnenbrand),
- UV-A von 315 nm bis 380 nm (bräunt die menschliche Haut).

Eine sehr wichtige Anwendung findet die UV-Strahlung in Gasentladungslampen, z. B. Leuchtstofflampen, in denen die UV-Strahlung mithilfe von Leuchtstoffen in sichtbares Licht umgewandelt wird. Andererseits erzeugen Hochdruckmetall-dampflampen (z. B. HMI) einen Anteil von bis zu 25 % an UV-Strahlung von der Gesamtleistung, sodass diese Leuchtmittel beim Einsatz in Scheinwerfern durch ein Glas abdeckt werden, damit das Auge nicht geschädigt wird (Glas lässt Licht unter 380 nm kaum noch durch).

2.2.3 IR-Strahlung

Am langwelligen Ende des Lichts schließt sich die IR-Strahlung an, auch Wärmestrahlung genannt. Der Bereich der IR-Strahlung wird wie der UV-Bereich ebenfalls in drei Bereiche unterteilt: IR-A (780 nm – 1400 nm), IR-B (1400 nm – 3000 nm), und IR-C (3000 nm – 1 mm).

■ 2.3 Physikalische Größen

Wie zu Beginn des Kapitels erwähnt, soll in diesem Kapitel nur die physikalische Strahlung betrachtet werden. Die physikalische Strahlung ist gekennzeichnet durch ein tiefgesetztes e (e = energetisch) im Vergleich zu den lichttechnischen Größen mit einem tiefgesetzten v (v = visuell). Oftmals wird bei den lichttechnischen Größen auf das v verzichtet.

2.3.1 Strahlungsfluss Φ_e

Jede Strahlung ist ein Energiestrom. Die ausgestrahlte, transportierte oder eingeschossigte Energie pro Zeiteinheit wird in der Einheit W (1 W = 1 Joule/sec) definiert. Der Strahlungsfluss Φ_e entspricht der Strahlungsleistung.

2.3.2 Strahlstärke I_e

Die Strahlstärke I_e , auch Intensität genannt, ist der Anteil der gesamten Strahlungsleistung Φ_e , der von einer Lichtquelle im Raumwinkellement $d\Omega$ emittiert wird.

$$I_e = d\Phi_d / d\Omega \quad [W / sr] \quad (2.2)$$

I_e = Strahlstärke

Φ_e = Strahlungsfluss

Ω = Raumwinkel

2.3.3 Bestrahlungsstärke E_e

Um die Intensität einer Lichtquelle zu definieren, wird der Begriff Bestrahlungsstärke E_e verwendet. Die Einheit ist Watt pro m².

$$E_e = d\Phi_e / dA \quad [W / m^2] \quad (2.3)$$

E_e = Bestrahlungsstärke

Φ_e = Strahlungsfluss

A = bestrahlte Fläche

2.3.4 Strahldichte L_e

Die Strahldichte L_e gibt an, welche Strahlungsleistung $d^2\Phi_e$ von einer Fläche A der Strahlungsquelle in ein Raumwinkel element $d\Omega$ ausgesendet wird.

$$L_e = d^2\Phi_e / (dA \cdot d\Omega) [W \cdot m^2 / sr] \quad (2.4)$$

L_e = Strahldichte

$d^2\Phi_e$ = Strahlungsleistung

A = Fläche

Ω = Raumwinkel

2.3.5 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Größen

Tabelle 2.1 zeigt die strahlungsphysikalischen und die lichttechnischen Größen im Vergleich.

Tabelle 2.1 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Größen

Strahlungsphysikalische Größe	Lichttechnische Größe
Strahlungsfluss Φ_e	Lichtstrom Φ
Strahlstärke I_e	Lichtstärke I
Bestrahlungsstärke E_e	Beleuchtungsstärke E
Strahldichte L_e	Leuchtdichte L
spezifische Ausstrahlung M_e	spezifische Lichtausstrahlung M
Strahlungsmenge Q_e	Lichtmenge Q
Bestrahlung H_e	Belichtung H

■ 2.4 Licht- und Emissionsspektren

Man unterscheidet bei der Strahlung bzw. der Emission von Strahlung zwischen natürlichen Lichtquellen (Sonne, Tageslicht) und künstlichen Lichtquellen (Halogenlampe, LED etc.). Das Licht bzw. die Strahlung werden dabei von den Lichtquellen emittiert (ausgestrahlt). Die Strahlung von natürlichen und künstlichen Lichtquellen kann sehr unterschiedliche Spektren (Emissionsspektren) besitzen. Des Weiteren unterscheidet man bei den Spektren zwei Arten von Strahlung. Entweder wird das Licht kontinuierlich abgestrahlt wie z.B. beim Tageslicht oder einer Glühlampe oder als Linienspektrum wie bei einer Leuchtstofflampe.

2.4.1 Kontinuierliches Spektrum

Bei der thermischen Anregung von Atomen und Molekülen in Festkörpern entsteht im Wesentlichen ein kontinuierliches Spektrum (Sonne, Glühlampe). Die Darstellung erfolgt näherungsweise durch den Planck'schen Strahler bzw. Schwarzen Körper, Definition und Details siehe Abschnitt 2.6.

Die wichtigste natürliche Strahlungsquelle ist dabei die Sonne. Sie entspricht dem Spektrum eines Schwarzen Körpers mit einer Temperatur von ungefähr 6000 K. Beim Durchgang durch die Erdatmosphäre wird das Spektrum der Sonne jedoch verändert. Bild 2.3 links stellt den typischen Spektralverlauf von Tageslicht dar (Novembertag in Hamburg).

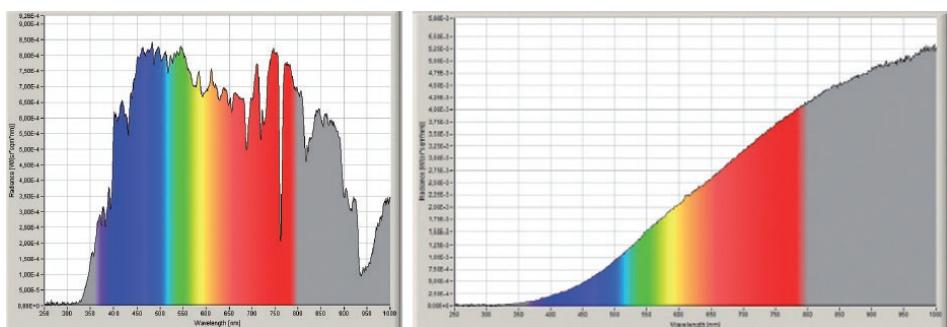


Bild 2.3 Links: Spektrum Tageslicht (Hamburg, November 2012, bewölkter Himmel); rechts: Spektrum einer Glühlampe (60 W)

2.4.2 Linienspektrum

Man spricht von Linienspektren, wie z.B. bei Leuchtstofflampen, Energiesparlampen oder Metalldampflampen, wenn nur einzelne Spektrallinien im Spektrum vorhanden sind. Der extremste Fall eines Liniensstrahlers mit nur einer einzigen Linie ist der Laser. Bei der Anregung durch Elektronenstöße in Gasen entsteht ein Linienspektrum mit markanten Frequenzen, die für die Zusammensetzung des Gases charakteristisch sind. Je nach Zusammensetzung des Gases können unterschiedliche Spektren erzeugt werden (siehe Bild 2.4).

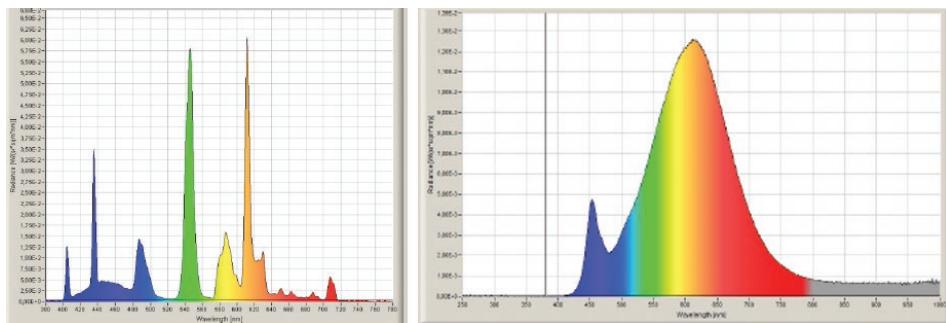


Bild 2.4 Links: Spektrum einer Leuchtstofflampe, rechts: Spektrum einer LED (Master Bulb, 12 W, Philips)

■ 2.5 Weißes und farbiges Licht

Das Sonnenlicht (weißes Licht) setzt sich aus verschiedenen Wellenlängen zusammen. Schickt man Sonnenlicht durch ein Glasprisma, so kann das Licht durch Brechung beim Eintritt bzw. beim Austritt aus dem Glasprisma in seine spektralen Bestandteile zerlegt werden. Zu jeder Wellenlänge gehört eine ganz bestimmte Farbe, die vom menschlichen Auge gesehen werden kann. Umgekehrt können die Strahlen verschiedener Wellenlängen wieder zu weißem Licht zusammengefügt werden.

Bei den üblichen Sehbedingungen/Umgebungsbedingungen sieht der Mensch das Tageslicht als weißes Licht, er kann die einzelnen Spektralbereiche nicht unterscheiden bzw. auflösen, obwohl das weiße Licht, wie im vorhergehenden Abschnitt ausgeführt, aus den einzelnen Spektralbereichen (Farben) zusammengesetzt ist.

2.5.1 Farbiges Licht

Da der Mensch die einzelnen Spektrallinien von Licht nicht unterscheiden bzw. auflösen kann, sieht er eine farbige Fläche bzw. eine reflektierende farbige Fläche nur als Ganzes. Zum Vergleich, das Ohr bzw. das Gehör kann die einzelnen Frequenzen eines Tones deutlich unterscheiden. Das bedeutet, das Auge kann nicht unterscheiden, ob das Licht, das auf eine Oberfläche fällt, z.B. ein gelbes Licht, aus dem reinen spektralen Gelb besteht oder aus zwei Spektralfarben (Rot und Grün), die als Mischung auch gelbes Licht erzeugen.

2.5.2 Körperfarben

Man spricht von Körperfarben, wenn Licht auf eine Fläche fällt und von dieser Fläche zum Teil reflektiert und/oder absorbiert wird. Das bedeutet, farbige Gegenstände strahlen nicht selbst die Farben aus (sind also keine Selbstleuchter), sondern es werden nur die Wellen der entsprechenden Farben reflektiert, die auf dem Gegenstand und im Spektrum des Lichts gleichzeitig vorhanden sind (siehe Bild 2.5).

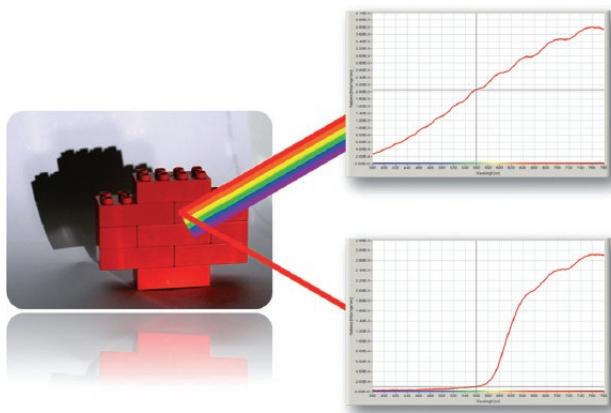


Bild 2.5 Beleuchtung von roten Legosteinen mit kontinuierlichem Licht. Rechtes oberes Bild, Spektrum der verwendeten Halogenlampe, rechtes unteres Bild, reflektiertes Licht bzw. Spektrum

Fehlen bei künstlichem Licht einige Wellenlängen aus dem Bereich von 380 nm bis 780 nm, so können die Gegenstände auch nicht in den gewohnten Farben erscheinen, das Erscheinungsbild wird verfälscht wahrgenommen.

In Bild 2.6 fehlt beim einfallenden Spektrum die grüne Spektralfarbe. Entsprechend wird diese Farbe bzw. Spektrallinie von der grünen Kiste nicht reflektiert, was zur Folge hat, dass die Box unter dieser speziellen Anstrahlung schwarz wirkt.

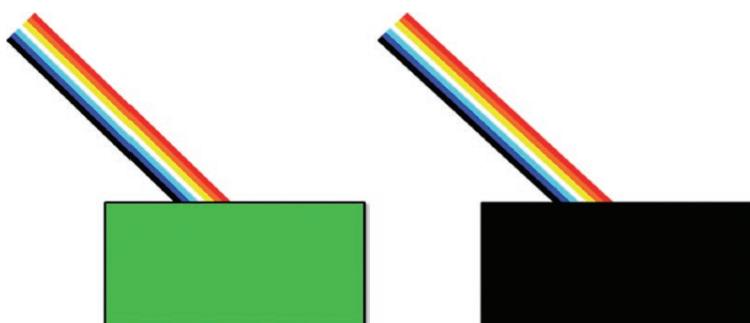


Bild 2.6 Links: einfallendes Licht auf eine grüne Box, wobei bei dem Spektrum die grüne Spektralfarbe fehlt, rechts: Die Box wirkt dadurch schwarz

Index

Symbolle

- 2°-Gesichtsfeldgröße 93
- 2°-Normalbeobachter 93
- 3-in-1-LEDs 200
- 360°-Projektion 206

A

- Abmusterungskästen 106
- Absorptionsgrad 35
- ACN 192
- Adaptation 71
- Adaptation, chromatische 73
- Adaptationsleuchtdichte 39, 46
- Adolphe Appia 248
- Akkommodation 51, 70
- Akkommodationsbreite 51
- aktinische Messverfahren 118
- Ambient Light 369
- ANSI\American Nation Standards Institut 205
- ANSI-Lumen 203
- Arbeitsblende 299
- ArtNet 191
- ArtNet-Protokoll 191
- ASA 314
- Aufhelllicht 239
- Aufhellung 239
- Auflösung 201
- Augenlicht 239
- Augmented Reality 390

B

- Beam-Movinglight
 - Weißlichtlaserlichtquellen 174
- Beleuchter 291
- Beleuchtungsmesser 319
- Beleuchtungsstärke 25
- Beleuchtungsstärkemesser 26, 118
- Beleuchtungsstärke, vertikale 25
- Belichtung 29, 124, 312
- Belichtungsmesser 124, 319
- Best Boy 250
- Bildingenieur 292
- BIM (Building Information Modelling) 400
- Binning 149
- Blaulichtgefährdung
 - photochemische 77
 - photothermische 77
- Blaulichtgefährdung (Blue Hazard) 76
- Blaulichtschäden
 - Grenzwerte 78
 - Risikogruppen 78
- Blende 312
- Blendenstufe 43
- Blendenumfang 43
- Blinder 160
- Bouncing 326
- BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) 33
- BT.2020 103
- Bühnendesign 254

Bühnenstile 277
 Building Information Modelling (BIM) 400
 Bump-Mapping 364
 Buntheit 86
 Bunton 86
 Butterfly 325

C

C0/C180-Darstellung 23
 CAM02-UCS 102
 Candela 21
 CAVE 377
 Chimera 322
 Chroma-Key-Hintergrund 283
 CIE 17, 49, 86, 91
 CIECAM02-UCS 102
 CIE-Farbdiagramm 96
 CIE-L*a*b* 100
 CIE-L*u*v* 99
 CIE-UCS 97
 CIE-XY-Farbraum 12
 CIE-XYZ-Farbraum 93
 circadianer Wirkungsfaktor 59
 circadiane Wirkung 18
 Clubevent
 - XR/VR-Technik 395
 Color Gamut 96
 Computersimulation 359
 Content 209ff.
 cosinusgetreue Bewertung 120
 Cosinus-Korrektur 120
 cosinustreu 26
 Cosinuswinkel 26
 CP 60 161
 CP 61 161
 CP 62 161
 CQS 107
 Creative LED 202
 CRI (color rendering index) 106
 Cross-Reality-Konzert 397
 Cross-Reality-Umgebung
 - Soziale Interaktion 399
 Cross-Reality (XR)-Plattform 392

Cry Engine 374
 CTB 115
 CTO 115
 CueList 217
 Cues 217, 247

D

D65 99
 Dedo-Light 321
 Depence R3 376
 DIALuxEvo 372
 Dichtewert 313
 Digitales Theater 396
 Digital Lighting 199
 Dino Lights 324
 DIN-System 97
 Diskrimination 39
 DMX-512 183
 DMX-512A 187
 DMX-2000 187
 DMX-Adresse 217
 DMX-Booster 185
 DMX (Digital Multiplex) 180
 DMX-Merger 186
 DMX-Splitter 185
 DMX-Tester 186
 Dogma95 243, 327
 DoP (Director of Photography) 249, 290,
 318
 Dramaturgie 254
 Dreibereichsverfahren 127
 Dreifarbentheorie 63ff.
 Dreipunkt-Ausleuchtung 240, 301
 dritter Rezeptor 18, 59

E

Echtzeit-Lichtsimulationsprogramme
 373
 Edward Gordon Graig 248
 Einleuchten 305
 Einpunkt-Ausleuchtung 240
 Eiserner Vorhang 273
 Elektrolumineszenz 144

Elektronenleitung 145

Empfangswinkel 79

Ethernet 189

Ethernet-Netzwerk 189

Eventformat

- hybrides 392

Eventplanung 380

EVG 141

Eye-Tracking-System 68

F

f1-Fehler 119

Fahnen 326

Falschfarbenbild 121

Farbabstand 100

Farbabstandsformel 101

Farbabstandsschwellen 98

Farbdifferenzschwelle 101

Farbfilter 111, 168

Farbfilter, dichroitischer 113

Farbfolien 111

Farbkonstanz 73

Farbkreis 89

Farbmetrik 88

Farbmetrik, höhere 88

Farbmetrik, niedrige 88

Farbmischung 86

Farbmischung, additiv 104

Farbmischung, subtraktiv 104

Farbordnung 91

Farbordnungssysteme 91

Farbort 12

Farbraum 90

Farbreiz 86

Farbreizfunktion 86, 130

Farbsystem 90

Farbtafel 96

Farbtemperatur 11

Farbton 86

Farbunterschiedsschwellen 98

Farbvalenz 86, 127

Farbvalenzmetrik 88

Farbwiedergabe 106, 141

f-Blende 299

Film Noir 243, 327

Fixation 68

Flathead 322

Flat-Shading 366

Fluter 158

Fokussieren 276

Fotogrammetrie 403

Fotometrie 3

Fotometrie, physikalisch 118

Fotometrie, spektral 124

Fotometrie, visuell 117

fotometrisches Entfernungsgesetz 27, 118

Fovea centralis 55

French Flags 326

Fresnel-Scheinwerfer 293

Frostfolie 168

Führungslicht 239

Fußlicht 237

G

Gain 205

Gammawert 314

Ganglienzellen 18

Gassenlicht 237

GDTF-Daten 380

Gegenfarben 64

Gegenfarbentheorie 64

Gegenlicht 235

Gleichheitsverfahren 126

Gloriole 239

Glühlampe 134 f.

Gobo (Vignette) 167

Goniophotometer 122

Gouraud-Shading 367

Gradation 313

grandMA2 fullsize 195

Grassmann 90

Graukarte 31

Green-Screen-Studio 385

H

Halbschatten 229
 Halbstreuwinkel 35
 Halogen-Kreisprozess 137
 Halogenlampe 137
 Hauptlicht 239
 HDMI 219
 Heat-Map 69
 Hellempfindlichkeit 17
 Hellempfindlichkeit, relative 17
 Hellempfindlichkeitskurve, spektrale 17
 Helligkeit 45, 86
 Helligkeitseindruck 29
 Helligkeitskonstanz 72
 High Dynamic Range (HDR) 103, 296
 High-Flux-LED 146
 High-Key-Stil 244
 HiLite 373
 Hinterlicht 235, 239
 HMI 5
 Hochdruckentladung 141
 Hochdruckentladungslampe 142
 Hochdruckmetaldampflampen 5
 Hololens 2 379
 Honeycomb Grids 323
 Hook-Up Schedule 275
 Horizontlicht 237
 HSV-System 97
 HTC-Vive Pro 378
 Hybridscheinwerfer 177

I

Indikatrix 33
 Infrarot-Bereich 4
 Interaktivität 390
 Iris 167
 IR-Strahlung 5

K

Kameramann, lichtsetzender 249
 Kantenlicht 239
 Kernschatten 229
 key-light 242, 254

Keystone-Korrektur 204
 Kicker 239
 Kino-Flo 322
 Kontrast 39
 Kontrast K 41
 Kontrast, negativ 40
 Kontrast, positiv 40
 Kontrastumfang 43
 Konversionsfolien 114
 Kopflicht 235
 Körperfarben 10, 86

L

L70B50-Wert 134
 Labormessgeräte 119
 Lambert-Strahler 31
 Layer 210
 Layout Schedule 275 f.
 Lebensdauer 134
 LED 144, 147
 LED-Chip 145
 LED-Engine 152
 LED-Fluter 158
 LED-Retrofits 151
 LED-System 199
 Lens Shift 204
 Leuchtdichte 29
 Leuchtdichtekamera 121
 Leuchtdichtekoeffizienten 33
 Leuchtdichtemesser 124
 Leuchtstofflampen 139
 Level of Development (LOD) 402
 LEVK – Lichteinfallsstärkeverteilung 329
 Lichtarchitektur 383
 Lichtausbeute 20
 Lichtdesign 250, 290
 – KI 405
 – neuronale Netze 405
 Lichtdesigner 250
 Lichteditor
 – XR/VR-Technik 395
 Lichteinfallsstärke 329
 Lichtempfindlichkeit 299, 314
 Lichtgestaltung 250

Lichtinszenierung 248
Lichtkontrast 42
Lichtnetzwerke 188
Lichtplan 307, 357, 360
Lichtquelle 133
Lichtsimulation 357
Lichtsimulationsprogramm 371
Lichtstärke I 21
Lichtstärkeverteilungskurve (LVK) 23, 122
Lichtstellpulte 194
Lichtsteuerung 180
Lichtsteuerung, hybrid 194
Lichtsteuerung, manuell 194
Lichtstile 277
Lichtstrom 18
Licht, weiches 230
LiDAR-Technologie 404
Lightbanks 323
Linienspektrum 7
Live LED Wall In-Camera Virtual Production 388
Lochleitung 145
Look 225, 254, 301, 304
Louver 323
Lowel-Light 323
Low-Key, aufgehellter 244
Low-Key-Stil 243
Low-Key, unausgeglichener 244
Lux 25
Luxmeter 118
LVK 23

M

MA 3D 374
MacAdam-Ellipsen 98
MARK 183
Master-Client-Struktur 217
Maxibrute 324
Max Keller 269
McCandless 35, 231, 248, 251
Medienfassaden 391
Medienserver 205 ff., 216
Melatonin 18
Messgeometrie 131

MIDI 220
Mired 114
Mired Shift Value 114
Mired-Wert 114
Modelling 328
Movingheads 169
Movinglights 168
Movinglight-Steuerung 194
Multifunktionsstudio 286
Multiplexing 182
Munsell 90
Munsell-System 97
Myopie 70

N

Nachtsehen 18
Natural Color System (NCS) 91
NCS-System 97
Netzhaut 3
Netzwerknoten 190
Neural Network (NN) 405
Neutralfilter 114
nicht-visuelle Wirkung 58
Niederdruckentladungslampen 139
Niederdruckgasentladung 139
Normalenvektor 26
Normal-Stil 243
Normfarbwerte 100
Normlichtart A 14
Normlichtart C 14
Normlichtart D 65 14
Normvalenzsystem XYZ 86

O

Oberbeleuchter 250, 318
Oberlicht 234
Objektkontrast 41
Oculus Rift 378
OLED 155, 383
OLED-Display 156
Opazität 125
Open Air 332
Opera-Beleuchtung 283

P

PAN 294
 PAN-Richtung 164
 Parabolspiegel-Scheinwerfer 161
 Patchen 275
 Patchplan 338
 Phong-Shading 367
 Phosphoren 141
 Physiologie 51
 Physiologie des Auges 1
 Pixelmapping 206, 212
 Pixelpitch 202
 Planck'scher Strahler 8, 11
 Plankonvex-Scheinwerfer 163
 Plot (Draufsicht) 275
 Power over Ethernet 190
 Previsualisierung 357
 Primärvalenzen 92
 Primärvalenzsystem 93
 Profil-Scheinwerfer 165
 Projektionen 203
 psychometrische Helligkeit 127
 psychometrische Helligkeitsfunktion 99

Q

Quellwinkel 79

R

Radiosity-Programme 366
 Radiosity-Verfahren 367
 RAL-Design-System 97
 Rampe 160
 Rampenlicht 237
 Ratio 44
 Raumwinkel 22
 Raumwinkelement 7
 Raytracing-Programme 366
 Raytracing-Verfahren 369
 RBG-Farbraum 92
 RDM 187
 Rec2020 103
 Reflexion, diffuse 31

Reflexion, gemischte 33
 Reflexion, gerichtete 32
 Reflexionsgrad 31, 122, 127
 Refreshrate 183
 Relux 372
 Remission 125
 Remissionsgrad 31
 Remote-Verfolger 344
 Rendering 365
 RESET-Signal 183
 Revit 401
 RGBW 200
 Rigg 332

S

Saccade 68
 Sättigung 86
 Scanner 168
 Scanning-System
 – LiDAR-Technologie 404
 Scan-Path 69
 Schärfentiefe 316
 Schatten 225
 Schattigkeit 226
 Scheinwerfer 157
 Scheinwerfersymbole 360
 Schuhkarton-Modelle 358
 Schutzbrillen 82
 Schwarzer Körper 12
 Schwarzer Strahler 11
 Schwarzschwelle 46
 Schwellenkontrast 40
 Section (Seitenansicht) 275
 Sehen, mesopisches 18
 Sehen, photopisches 16 ff.
 Sehen, skoptisches 18
 Sehleistung 39
 Sehschärfe 70
 Seitenlicht 236
 Selbstleuchter 10, 86
 Selbststrahler 133
 Setdesigner 202
 Sets 301
 Set Up 276

Show-Studio 287
Simulation 359
Simultankontrast 260
SMPTE 220
Softedge-Blending 206
Solid Modeling 364
Sonnenlicht 9
Source Four 166
Spacelights 324
Speicherlichtsteuerung 194
spektraler Strahlungsfluss 18
Spektrallinien 8
Spektralverfahren 128
Spektralwertkurven 94
Spektrum, kontinuierliches 8
Spitzlicht 239
Spotmessung 124
Spotmeter 125, 319
Stäbchen 3, 52
Standard-Objektiv 299
Stevens-und-Hunt-Effekt 73
Strahldichte 7
Strahlung, optisch 3
Strahlungsfluss 6, 18
Strahlungsfunktion 127
Strahlungsleistung 7, 18
Strahlungsphysik 3
Stroboskop 167
Stromlaufplan 340
Stufenlinsen-Scheinwerfer 163
Szenenkontrast 42

T

Tagessehen 16f.
TCLI-2012 110
Teleobjektiv 299
Temperaturstrahlung 136
Textur 211
Tiefenschärfe 316
TILT 294
TILT-Richtung 164
Timeline 217
TM 30-15 108
Top Hat 168

Toplight 235
Torblende 167
Tracking-System 344
Transformer 406
Transmission, diffuse 34
Transmission, gemischte 34
Transmission, gerichtete 34
Transmissionsgrad 34

U

Überfarben 93
U-Kugel 122
Ulbrichtkugel 122
Ultra High Definition (UHD) 103, 296
Ultraviolettstrahlung (UV) 5
Unbuntpunkt 94
Unity 3D 374
Unreal 3D 374
Unterlicht 237
UV-A 5
UV-B 5
UV-Bereich 4
UV-C 5
UV-C-Strahlung 82
UV-Mapping 210
UV-Strahlung
- Gefährdung 74

V

Vectorworks 376
Video-Content 257
Vierpunkt-Ausleuchtung 241
Virtual Production 385
Virtual Reality 377
virtuelle Kamera 213
visueller Cortex 53
visueller Kanal 1
VJ-Bereich 215
Vorabvisualisierung 357
Vorderlicht 234
Vorderlicht, seitliches 234
Vorvisualisierung
- mit KI 408

VR

- Eventbranche 380
- VR-Brille 380
- $V(\lambda)$ -Kurve 17, 119

W

- Weber-Fechner-Bereich 46
- Weber-Fechner'sche Regel 46
- WeiBabgleich 73, 300
- weißes Licht 9
- WeiBlicht 199
- WeiBlichtlaserlichtquellen 174
- WeiBstandard 129
- Weitwinkelobjektiv 299
- Wellenlänge 3
- Wendy Lights 324

- Wide Color Gamut (WCG) 103, 296
- Wien'scher Verschiebungssatz 137
- Wireframe 363
- wysiwyg 375

X

- Xenonlampe 143
- XLR-Stecker 183
- XRevent 393

Z

- Zapfen 3, 52
- Z-Brücke (Zuschauerbrücke) 273
- Zonentheorie 65
- Zweipunkt-Ausleuchtung 240